



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Evaluación de la refracción binocular para diferentes
métodos disociadores

Autora

Marta Escriche Velilla

Director/es

Jorge Ares García
Sara Perchés Barrena

Facultad de Ciencias
2018/2019

ÍNDICE

OBJETIVOS E HIPÓTESIS.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
¿QUÉ ES LA REFRACCIÓN?	2
TIPOS DE REFRACCIÓN	2
REFRACCIÓN OBJETIVA	2
REFRACCIÓN SUBJETIVA.....	2
POLARIZADORES.....	5
VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA REFRACCIÓN BINOCULAR FRENTE A LA MONOCULAR	7
VENTAJAS:	7
DESVENTAJAS:	10
MATERIAL Y METODOS	11
MATERIAL.....	11
MÉTODOS.....	11
Medida de la refracción subjetiva monocular	11
Medida de refracción subjetiva biocular.....	12
Medida de la refracción subjetiva binocular.....	12
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	13
Comparación objetiva entre las refracciones monocular, biocular y binocular	13
Comparación subjetiva entre las refracciones obtenidas monocular, biocular y binocularmente	13
Comparación del tiempo tardado en realizar las diferentes refracciones.....	14
RESULTADOS	15
Comparación objetiva entre las refracciones monocular, biocular y binocular	15
Comparación subjetiva entre las refracciones obtenidas monocular, biocular y binocularmente	20
Comparación del tiempo tardado en realizar las diferentes refracciones.....	21
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	22
ANEXO I: BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO II: PROTOCOLOS DE REFRACCIÓN	28

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Los objetivos que se buscan con este trabajo es conocer tanto la refracción binocular como las ventajas que puede presentar esta, frente a la refracción monocular.

Además se pretende conocer los diversos métodos, que se han usado con el paso de los años y la evolución que estos han sufrido, para poder realizar esta técnica.

Se pretende profundizar en los conocimientos acerca de los filtros polarizados y del funcionamiento que emplean las pantallas/monitores actuales para poder emitir luz polarizada.

Posteriormente se pretende desarrollar un estudio que demuestre las diferencias entre la refracción monocular y la binocular, para ello se va a diseñar un experimento que permita la posterior comparación entre ambas.

Las hipótesis planteadas para este estudio:

1. La refracción binocular va a obtener valores esféricos más positivos, que los obtenidos con la monocular.
2. La refracción binocular obtendrá una mayor precisión en los ejes del cilindro.
3. El tiempo empleado en una refracción binocular será menor que el empleado en una refracción monocular.

INTRODUCCIÓN

¿QUÉ ES LA REFRACCIÓN?

La refracción es una técnica mediante la cual se busca encontrar la mejor compensación óptica, para el error refractivo de un ojo. Para ello se utilizan lentes de potencia esférica y cilíndrica que compensen la ametropía del sujeto.

Generalmente, la finalidad es que el conjunto de ojo amétrope más lentes funcionen como un ojo emétrope.

TIPOS DE REFRACCIÓN

Se pueden distinguir dos tipos de refracción: la refracción objetiva y subjetiva, normalmente estos dos tipos de refracciones se realizan de manera complementaria y secuencial.

REFRACCIÓN OBJETIVA

La refracción objetiva es aquella en la que se determina el estado refractivo de un sujeto, sin la necesidad de la respuesta de este. Es el examinador quien determina la refracción, ya sea mediante su propia observación como en la retinoscopía, como por medio de aparatos semiautomáticos, como podría ser un autorrefractómetro entre otros. La refracción objetiva es útil cuando no existe una buena comunicación entre el examinador y el sujeto examinado, como puede ser el caso de los niños, personas con dificultad para hablar, etc.

En diversos estudios clínicos se ha comprobado la exactitud de los resultados obtenidos por algunos de estos métodos, donde se demuestra que existen diferencias en la refracción obtenida dependiendo del método utilizado. En un estudio que realizó Prabakaran S. [1], donde comparó la refracción objetiva obtenida mediante una retinoscopía y dos autorrefractómetros, uno montado en mesa y uno de mano, se comprobó que los valores variaban entre los tres aparatos. Uno de los cambios que se observó fue que el astigmatismo obtenido con los dos autorrefractómetros fue superior al obtenido con la retinoscopía, obteniendo una diferencia promedio máxima de 0.32D. El valor esférico también mostro diferencias, siendo la diferencia promedio máxima de 0.28D. En otro estudio, que realizó Mesut Erdurmus [2], quien también comparó la retinoscopía con un fotorrefractor (Plusoptix CR03), obtuvo que este último tendía a una sobrecorrección negativa, con una diferencia promedio máxima, del valor esférico de 0.70D.

Por otra parte, no se han encontrado solo diferencias entre métodos objetivos, sino que también es posible ver diferencias entre los resultados obtenidos con estos y la refracción subjetiva. Un ejemplo de esta variación, se encuentra en el estudio que realizó el grupo Andina [3], donde se obtuvo una diferencia de 0.50D en la esfera entre ambas refracciones.

REFRACCIÓN SUBJETIVA

La refracción subjetiva es aquella que tiene como criterio la respuestas que aporta el paciente ante los cambios que el percibe, para conseguir la combinación de lentes esferocilíndricas con las que se alcance la mayor agudeza visual.

Por lo general, este tipo de refracción se comienza tras haber realizado previamente una refracción objetiva, ya que se utiliza parte del valor obtenido en esta refracción como punto de partida para la realización del subjetivo. Actualmente la refracción subjetiva se considera el valor de referencia de los métodos de refracción objetiva.

Se pueden distinguir dos tipos de refracción subjetiva: la monocular y la binocular.

REFRACCIÓN SUBJETIVA MONOCULAR

Esta técnica es la más extendida, y consiste en la realización de diversas pruebas (Máximo positivo máxima agudeza visual (MPMAV), test horario, cilindros cruzados de Jackson (CCJ),...) [4], a través de las cuales se consigue obtener la mejor corrección esferocilíndrica para cada ojo por separado, es decir mientras se está refraccionando un ojo, el otro se encuentra totalmente ocluido.

La medida tomada para que el sujeto no acomode mientras se le realiza esta técnica, es la miopización (fogging) del sujeto antes de comenzar la prueba, para ellos se añaden lentes positivas, normalmente un +1.50D. En algunos casos es necesario añadir más positivo, para que al final el sujeto alcance a ver AV=0.1.

Este método puede mostrar variaciones en el resultado final dependiendo del examinador que realice la prueba, como se comprueba en el estudio realizado por un grupo de investigadores de la universidad de la Salle [5]. En el estudio se comprobó que podía existir hasta una variación de 0.50D en la potencia del cilindro, dependiendo tanto del examinador que realice la refracción, como del test seleccionado. En este estudio, en un método de refracción usaron únicamente el test horario, como forma de obtención de la corrección cilíndrica, mientras que en el otro método utilizaron los cilindros cruzados de Jackson.

EQUILIBRIO BIOCULAR

En la refracción monocular, se intenta controlar la acomodación mediante el fogging pero al ocluir un ojo, la relación acomodación-convergencia se ve afectada, esto puede provocar que actúe cierto grado de acomodación no controlada. Esto sobre todo causará mayor efecto en los pacientes jóvenes. Para solucionar este problema se realiza una ecualización o equilibrio para igualar los esfuerzos acomodativos de ambos ojos. [6]

Esta técnica por lo tanto se basa en igualar el esfuerzo acomodativo, pero sin permitir la fusión. Para que exista esa condición de disociación se presentan dos estímulos diferentes, uno para cada ojo, mediante el uso de prismas.

Para realizar esta técnica, se parte de la refracción obtenida de forma monocular y se miopizan ambos ojos, a continuación se disocia la imagen. En este momento se busca alcanzar el mismo grado de borrosidad percibido por cada ojo añadiendo potencia esférica positiva, en pasos de 0.25D en el ojo con el que perciba mejor visión.

REFRACCIÓN SUBJETIVA BINOCULAR

Es otro método de refracción, que al igual que en la refracción monocular, consiste en la realización de diversos test (MPMAV, test horario, CCJ), pero a diferencia de esta, se realiza con los dos ojos abiertos y asociados.

Este hecho permite eliminar los problemas de acomodación que se plantean al realizar únicamente la refracción subjetiva monocular. Ya que al igual que ocurre con el equilibrio binocular, durante la refracción binocular se está constantemente igualando la borrosidad de ambos ojos.

Para permitir realizar la refracción con los dos ojos abiertos y asociados, a lo largo de la historia se han utilizado distintos métodos para conseguirlo. Entre ellos se encuentran métodos que implican:

- La borrosidad, una de las técnicas de visión binocular que emplea la borrosidad es el método de Humphriss [7]. Este se basa en poner una lente de +0.75D ante el ojo no examinado, de esta forma se evita usar un oclisor. Humphriss, observó que al colocar una lente positiva, que volviera borrosa la visión de ese ojo, se conseguía la supresión de la visión foveal central, pero permitiendo mantener la visión periférica, de esta forma se podía refraccionar cada ojo por separado pero manteniendo las condiciones de binocularidad. A esta técnica la denominó septum psicológico.
- El uso de septum, esta técnica consiste en colocar un objeto u otro mecanismo, entre el sujeto a refraccionar y el optotipo, de forma que la parte derecha del optotipo se vea con el ojo derecho y la parte izquierda con el ojo izquierdo. El fondo del optotipo como el resto del entorno sirve como anclaje para que exista esa visión binocular, ya que será visto con los dos ojos.

Los científicos que dieron mayores aportaciones a esta técnica fueron:

- Turville, el cual utilizaba un espejo con una franja opaca de 30mm en el centro, como septum, y este espejo reflejaba el panel de optotipos que se encontraba detrás del sujeto, dejando una línea de letras a cada lado del espejo, para que fuera vista con el ojo respectivo de cada lado. [7]
- Morgan [8], mejoró la técnica de Turville utilizando primero un proyector en lugar de un panel de optotipos. Y posteriormente diseñó un “tabique” (era una tarjeta de unos 25 a 35 mm de ancho), que tuviera el mismo color que el fondo del optotipo, el cual se interponía entre este y el sujeto. De esta forma eliminó la presencia del espejo en la técnica.
- El uso de polarizados, se basa en el uso de optotipos polarizados junto con filtros polarizados, estos permiten observar el optotipo sin la necesidad de que exista un septum, o prismas disociadores.
Al igual que ocurriría con el uso del septum, cada ojo verá una parte del optotipo, y tanto el fondo del optotipo, como el entorno servirán de anclaje para la estabilidad de la visión binocular.

Con el paso del tiempo, se han ideado métodos distintos para utilizar los filtros polarizados en la refracción binocular.

- Un método fue el de Wilmot [9], esta técnica consistía en el uso de unos gráficos donde se encontraban las letras que se presentaban al paciente, estas iban desde una agudeza visual de 0.16 a AV=1. Estas cartas se colocaban detrás de unas pantallas polarizadas que consistían de dos placas de vidrio entre las que se ponían dos láminas polarizadas, una con el eje de transmisión en vertical y otra en horizontal, y se dejaba una tira rectangular que actuaba a modo de anclaje fusional. A su vez el paciente llevaba dos filtros polarizados (cada uno en un ojo), de los cuales uno tenía el eje de transmisión en vertical y otro en horizontal.
- Posteriormente basándose en el modelo de Wilmot, Cowen [10] desarrollo un método en el que solo las letras del optotipo estuvieran polarizadas mientras que el fondo se mantuviera iluminado pero sin ningún tipo de polarización. Esto permitía tener una visión binocular mucho más natural.
- Otro método fue el de Grolman [11] que utilizó tinta polarizada para fabricar tarjetas y diapositivas, estas diapositivas se visualizaban con ayuda de un proyector y una pantalla metálica para conservar la polarización. En las tarjetas se incluían todos los tests necesarios para la refracción subjetiva: optotipos para agudeza visual, test horario, un test para la disparidad de fijación y otro para la estereopsis en VL.
- Uno de los métodos más recientes se realiza mediante pantallas LCD con polarización alternante. En el que las partes del optotipo elegidas estarán polarizadas en una dirección y las otras en la perpendicular. El hecho de que se puedan realizar este tipo de pruebas con pantallas polarizadas, permite una mayor flexibilidad en la creación de los diferentes tests que posteriormente podrán ser utilizados por el óptico.

El estudio que se realizará, se basará en este sistema de pantalla con polarización circular alternante junto con filtros polarizados.

POLARIZADORES

La luz es una onda electromagnética en la que el valor del campo eléctrico (y el magnético) oscilan en un plano perpendicular al de su dirección de propagación. En este plano, la dirección en la que el campo eléctrico oscila puede variar de manera regular (luz polarizada) o aleatoria (luz natural o despolarizada) dependiendo de las características de la fuente que emita la luz.

La luz polarizada, dependiendo de la trayectoria que describe la dirección de oscilación del vector amplitud de campo eléctrico, se pueden diferenciar tres tipos de polarización: la polarización lineal, la circular y la elíptica (a pesar de ser las dos primeras, casos particulares de la última).

La polarización lineal, se da cuando las dos componentes principales del vector amplitud de campo eléctrico oscilan en fase o en contrafase, cuando eso sucede la trayectoria de este vector

determina una línea recta en el plano de oscilación. En el momento en que las componentes principales del campo eléctrico no están en fase o en contrafase se dice que la polarización es elíptica. En esta situación la trayectoria del vector de amplitud de campo eléctrico se puede representar como una elipse. La polarización circular es un caso particular de polarización elíptica para el cual el desfase entre las componentes principales se encuentra en cuadratura (cuando la amplitud de una componente principal alcanza un valor máximo la otra alcanza un valor nulo) y ambas tienen exactamente la misma amplitud máxima.

La luz se puede polarizar tanto por absorción como por reflexión. Un ejemplo de este último se puede dar, cuando la luz se refleja de manera especular en una interfaz entre dos medios. Es posible obtener polarización lineal pura que vibra describiendo una línea perpendicular al plano de incidencia cuando se incide según el ángulo de Brewster [12].

Un ejemplo de polarización por absorción se da en los materiales dicroicos. Un material dicroico está formado por elementos cuya absorción depende de la dirección en la que oscila luz. Cuando un material dicroico está ordenado presentará absorción mínima para la luz cuyo campo eléctrico vibre paralelo a una determinada dirección, mientras que tendrá absorción máxima para el campo eléctrico que vibre en la dirección perpendicular. Este comportamiento da como resultado final luz polarizada linealmente.

El elemento polarizador lineal dicroico más extendido comercialmente (y en optometría) es el Polaroid [13], la fabricación de este se realiza calentando una lámina de alcohol polivinílico que se va estirando en una dirección, de esta forma se consigue alinear las cadenas poliméricas en la dirección en la que se estira el material. Después de esto se sumerge en una solución yodada, donde los iones se unen a las cadenas. El resultado final es un elemento capaz de formar luz polarizada linealmente.

Es posible obtener polarización circular superponiendo una lámina polarizadora lineal junto con una lámina birrefringente. La finalidad de esta, es crear un desfase en cuadratura ($\pm\pi/2$) entre las dos componentes principales del vector amplitud [14]. Para ello se emplea una lámina $\lambda/4$ orientada $\pm 45^\circ$, respecto al eje de polarización lineal.

Según el signo del desfase en cuadratura cambiará el sentido en el que gire el vector amplitud tras salir del material. Se considerará dextrógiro, si sigue el sentido horario, y levógiro, si gira en sentido antihorario (observando a la luz desde el frente).

Para aplicar esto en pantallas y monitores, se utilizan dispositivos de cristal líquido (LCD). Cada pixel de la pantalla está formado por dos polarizadores lineales, uno a la entrada y otro a la salida de cada pixel, encontrándose el cristal líquido entre estos. Por ello la luz emergente lo hará con polarización lineal.

Para que las pantallas emitan luz polarizada circularmente, se añade una lámina $\lambda/4$ para crear un desfase en cuadratura. Si se pusiera una lámina con el mismo desfase en toda su extensión solo se podría tener una imagen como resultado final, pero como estas pantallas se han diseñado para ver

imágenes en 3D, se necesita obtener dos imágenes finales. Para ello se alternan en cada línea de píxeles una lámina orientada a 45 grados respecto al eje del polarizador de la pantalla LCD y la contigua a -45 grados [15]. De esta forma se obtiene una pantalla con líneas alternas de polarización circular, unas en sentido dextrógiro y la otra con giro levógiro.

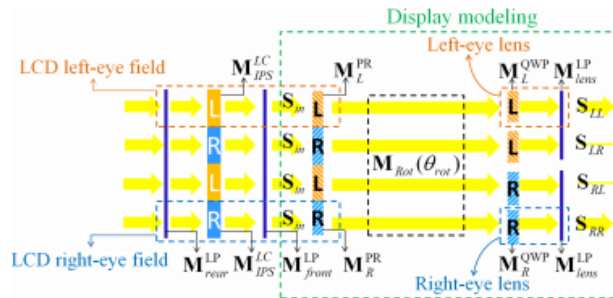


Imagen 1. Representación del cálculo de Müller del sistema polarizador [15]

Este tipo de pantallas, aplicado al estudio que se va a realizar, unido al uso por parte del paciente de polarizadores circulares opuestos en cada uno de sus ojos, nos da la posibilidad de mostrar diferentes líneas de letras a cada uno de los ojos sin necesidad de oclusión u otros artefactos.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA REFRACCIÓN BINOCULAR FRENTE A LA MONOCULAR

Si pensamos en el hecho, de que en el día a día las personas utilizamos la visión binocular, es fácil pensar que una refracción binocular podría dar resultados más precisos que la monocular. En diversos estudios que se realizaron, demostraron que la refracción binocular tenía ciertas ventajas sobre la monocular.

VENTAJAS:

Mayor estabilidad acomodativa. Uno de los principales problemas de la refracción subjetiva monocular es, no poder controlar la estimulación de la acomodación del ojo. A esto se le suma la probabilidad de que al acabar la refracción monocular la acomodación esté actuando de forma desigual en ambos ojos, por lo que resulta necesario realizar un equilibrio biocular y binocular.

Al estar en condiciones de binocularidad, la acomodación de ambos ojos está actuando de forma conjunta, por lo que será más fácil de controlar con esta refracción dando así unos resultados finales más exactos.

Durante la refracción monocular también se estimula la acomodación inducida por la convergencia [15], por lo que si presentamos un estímulo, que es visto por ambos ojos se evita que exista cualquier tipo de convergencia no deseada, ya que ambos estarán fijando un objeto lejano, lo que hará que los ejes visuales estén paralelos, apuntando al infinito.

Información de la eficiencia y estabilidad de la visión binocular. La refracción binocular sirve para conocer si el paciente tiene percepción simultánea. Como en esta refracción están trabajando los ojos conjuntamente, esta prueba nos dará información sobre el estado de la fusión motora y fusión sensorial que tenga el sujeto. Se podrá conocer si el estado de la fusión motora esta alterado, sí el sujeto dice ver una de las dos imágenes desplazadas/ desalineadas, lo que nos

revelaría una foria. Mientras que la fusión sensorial se podrá comprobar sí, el sujeto dice ver solo las imágenes mostradas correspondientes a un ojo, lo que indicaría supresión, o si por el contrario ve en ocasiones una línea y en otros momentos la otra, esto significaría que el sujeto tiene una supresión alternante.

En un estudio que realizó Morgan, observó que mediante la realización de refracción binocular se podrían detectar: de 1000 casos, que de un 1 a 2% de estos darían evidencias de supresión. De los cuales, sobre un 40%, podría dejar de suprimir añadiendo un prisma vertical o de base nasal, que alrededor de otro 40% se vería beneficiado si se añade una lente de +0.75D en el ojo supresor, mientras que al 20% restante habría que proporcionar un tratamiento distinto al refractivo. [17]

Detección de aniseiconía. La refracción binocular permite la detección de la aniseiconía. Con este tipo de refracción es fácil para el paciente decir que percibe un estímulo de los presentados más grande que otro. Los test utilizados en este tipo de refracción presentan un estímulo distinto para cada ojo.

En especial, el presentado en este estudio, consta de 3 líneas horizontales de las cuales, la línea de arriba la percibe con un ojo, y la de abajo la percibirá con el otro mientras que la línea central será vista con los dos. Si el paciente dice ver de mayor tamaño una de las líneas de los extremos podremos detectar así una aniseiconía, que posteriormente puede ser medida con un eiconómetro. [18 y 19]

Refracciones más sencillas en presencia de nistagmus latente. El nistagmus es un movimiento oscilatorio, rítmico e involuntario de los ojos [20]. En el caso de un nistagmus latente, este movimiento ocular se desencadena cuando uno de los dos ojos es ocluido, por lo que realizar una refracción monocular desencadenaría este movimiento. Como resultado del movimiento ocular, ocasionado por el nistagmus, la agudeza visual alcanzada con ese ojo disminuye.

En estos casos, la refracción binocular al no ocasionar esa oclusión durante el proceso de refracción, evita la presencia del nistagmus, de forma que el proceso de refracción será más sencillo y cómodo tanto para el sujeto como para el profesional. [21]

Refracción más aceptada en anisometropía. Después de un estudio que realizó Norman de la refracción binocular [22], afirmó que esta, facilita la aceptación de la graduación obtenida por el paciente. Además de ser aceptada de forma más rápida de la que se consigue con la refracción monocular. Esto se produce porque con la refracción binocular se puede observar que porcentaje de contribución tiene cada ojo por separado en la visión binocular.

Ecuilibración en ambliopía, y la posibilidad de obtener mayores AV en ojos ambliopes. En casos de ambliopía, es imposible saber si la acomodación tras la refracción monocular ha quedado equilibrada, ya que las agudezas visuales no se pueden comparar. Sin embargo, se sabe que con la refracción binocular hay una mayor estabilidad acomodativa.

Por otro lado, se comprobó que era posible alcanzar una máxima agudeza visual con el ojo ambliope con una refracción binocular, que con una monocular. En un caso que se puede encontrar en el libro: *Borish's Clinical Refraction* [6], se observó que cuando a un paciente se le graduaba binocularmente se obtenía un valor mayor de esfera positiva, lo cual le hacía mejorar su agudeza visual con respecto a lo obtenido con la refracción monocular. Este caso demostraba que cuando el paciente mantenía las condiciones de binocularidad, admitía en el ojo ambliope valores más positivos, alcanzando también una mayor agudeza visual con esa graduación. Sin embargo, cuando el ojo no ambliope se ocluía, aun manteniendo la misma graduación en el ojo ambliope, con este último empeoraba la agudeza visual. Por lo que la máxima alcanzada siempre se daba en condiciones de binocularidad.

Obtención de valores más positivos. Al controlar mejor la acomodación, esto da como resultados valores más positivos en la esfera.

En un estudio realizado por Morgan [17], demostró que un 20% de sus pacientes obtuvieron un valor de esfera de +0.25 con la refracción binocular, y un 2% tubo un cambio mayor a +0.50D. En un estudio posterior realizado por Norman [23], se vio que este porcentaje era incluso mayor. Siendo de un 35% las personas que mostraron una diferencia en el valor de la esfera de 0.25, y un 12% los que mostraron un cambio mayo a 0.50D.

Este tipo de refracción permite obtener valores, por lo tanto más positivos en hipermetropías latentes ya que se consigue relajar más la acomodación y destapar esa hipermetropía. Lo mismo ocurriría con los espasmos acomodativos.

Refracciones más exactas del eje del cilindro. Copeland y Sugar estudiaron la existencia de un cambio en el eje del astigmatismo, cuando se graduaba de forma monocular o binocular [24 y 25]. Una de las posibles causas en las que pueda existir diferencia de medidas en el eje es en presencia de una cicloforia, ya que en la refracción monocular, los ojos se mueven a la posición fisiológica de reposo, y si la cicloforia es significativa, los ojos giran al desocluirlos, por lo que al realizar una refracción binocular, donde ambos tengan fijación en un estímulo, el eje cambiará de posición.

Esta rotación por lo tanto producirá cambios a la hora de obtener el eje del astigmatismo, siendo más precisa la notación que se obtenga de forma binocular. Morgan descubrió en un estudio que realizó, que más del 2% de los pacientes tenían un cambio de 10º o más en el eje del cilindro. [17]

Menor tiempo de realización. Como al realizar la refracción binocular se está constantemente realizando un equilibrio entre ambos ojos, no es necesaria la posterior realización de un equilibrio biocular, lo que hace que el tiempo de la prueba se acorte. Esto proporcionará una mayor comodidad al sujeto.

DESVENTAJAS:

- Predominancia de la refracción monocular. La técnica que se utiliza actualmente y que su realización esta globalmente extendida es la refracción monocular. Como el resultado de esta técnica ya es bueno, los profesionales no se plantean aprender otro método, para realizar algo que ya saben hacer y que funciona en la mayoría de los casos.

- Mayor precaución en el posicionamiento del paciente. Si la refracción binocular que se va a realizar es mediante el uso de septum, hay que prestar especial atención en que el paciente este bien posicionado y alineado tanto con el septum como con el optotipo, por lo que es una técnica sensible a cambios de posicionamiento o inclinaciones de cabeza.

Por otro lado en los polarizadores lineales también hay que tener cuidado con inclinaciones laterales de cabeza, esto no ocurre con los polarizadores circulares.

- No funciona en presencia de supresión. Cuando el paciente tenga una supresión que no sea posible solucionar añadiendo prisma o lentes, no se podrá realizar una refracción binocular.

- Se necesita equipamiento especial. Como esta técnica se comenzó a estudiar hace 50 años aproximadamente y el equipamiento que se necesitaba para realizar una refracción binocular era caro, hizo que muchos profesionales no se interesaran por el método, y ahora que el equipamiento necesario es más asequible no se están realizando estudios para extender el uso de la refracción binocular.

- Expectativas de visión monocular del paciente. Al prescribir una graduación realizada de forma binocular, es posible que no vea igual con un ojo y con el otro cuando los ocluya, por lo que habrá que avisar al paciente antes de que se lleve unas gafas o unas lentes de contacto con esa prescripción.

MATERIAL Y METODOS

MATERIAL

El material utilizado en el estudio que se va a realizar fue:

- Una unidad de OptoTab Office Polar de Smarthings4Vision [26] con pantalla ASUS de 24 pulgadas de diagonal. La unidad estaba controlada por una tablet Android ASUS MeMO Pad HD 7.
- Un aberrómetro modelo iTrace de la marca Tracey Technologies. Con el que se obtendrá la refracción objetiva.
- Un foróptero semi-automático Topcon® CV 1Dial Controller Kb-50 con su columna y sillón de refracción.
- Para la realización de la refracción binocular, se utiliza los filtros con polarizador circular del foróptero que permiten ver el test presentado por la OptoTab Office Polar, este consiste de tres líneas de la misma AV, donde la línea superior será vista por el ojo derecho, la línea inferior por el ojo izquierdo y la línea central se verá con ambos ojos, que es la que servirá de anclaje fusional.

MÉTODOS

En el estudio participaron 30 sujetos, de los cuales 23 era mujeres y 7 eran hombres, el rango de edades fue de 18 a 28 años. Los participantes seleccionados fueron compañeros y amigos que se reclutaron específicamente para la realización de este.

Algunos de los criterios seguidos para realizar este estudio, fueron:

- Tener una agudeza visual mayor de 0.8 (20/25).
- No haberse sometido previamente a una cirugía ocular.

Para ello se realizó previamente al estudio, una anamnesis a las personas participantes, seguido de una refracción objetiva con el aberrómetro. Se procedió también a medir la agudeza visual que alcanzaban sin ningún tipo de corrección, para ello se usó un test Snellen con letras (OptoTab Office Polar). El gabinete se mantuvo con una iluminación normal durante toda la prueba.

Como las medidas de la refracción subjetiva monocular, biocular y subjetiva binocular, se realizaron el mismo día para cada sujeto, se decidió realizar a 15 de los participantes primero la refracción subjetiva monocular y después la binocular, y en los otros 15 restantes el proceso inverso. Esto se decidió para el posterior análisis de los resultados, ya que al no dejar tiempo entre ambas refracciones, puede dar lugar a un efecto arrastre en los resultados obtenidos, tanto a nivel de refracción como en los resultados del tiempo empleado.

Medida de la refracción subjetiva monocular

La refracción subjetiva monocular, se llevó a cabo miopizando +1.50D respecto a la refracción objetiva obtenida anteriormente, y partiendo de un valor del cilindro corregido parcialmente.

A continuación, se realizó la refracción con el procedimiento habitual y más extendido, se comenzó con el ojo derecho por lo que se ocluyó el ojo izquierdo. Se fue desmiopizando hasta alcanzar AV=0.3, donde se presentó el test horario. Seguidamente se siguió desmiopizando hasta alcanzar AV=0.8, donde se realizaron los cilindros cruzados de Jackson, para afinar la potencia y el eje del cilindro, Para finalizar la refracción del primer ojo se continuó con el MPMVA, hasta alcanzar la agudeza visual máxima que podía alcanzar a leer cada participante.

Después se siguió el mismo procedimiento con el ojo izquierdo.

Medida de refracción subjetiva biocular

Para realizar la refracción subjetiva biocular, se partió de la refracción obtenida monocularmente, a la que se añadió +0.75D a cada ojo. A continuación se presentó una línea de AV=0.63 y se colocó en el ojo derecho un prisma de 6Δ BS (para disociar las imágenes). Con esto se pretende igualar la borrosidad percibida con ambos ojos añadiendo lentes en pasos de +0.25D en el ojo que refiera percibir las letras más nítidas. Este proceso se acaba cuando el sujeto refiera ver ambas líneas con la misma borrosidad. En ese momento se quitó el prisma y se fue desmiopizando ambos ojos al mismo tiempo hasta alcanzar la máxima agudeza visual con las lentes más positivas.

Medida de la refracción subjetiva binocular

Para esta refracción se comienza igual que en la refracción subjetiva monocular. Con la refracción objetiva, con el cilindro parcialmente corregido y miopizando ambos ojos con +1.50D.

En este caso al comenzar no se ocluyó ningún ojo, y lo primero fue presentar las líneas de AV=0.08 polarizadas. La línea de arriba es vista por el ojo derecho y la línea de abajo por el ojo izquierdo. En esta agudeza visual antes de comenzar con el MPMVA, se pregunta al sujeto para igualar las borrosidades de ambas líneas miopizando el ojo que corresponda con la línea que el sujeto perciba como más nítida. Una vez que ya se ha alcanzado la misma borrosidad se comenzó a desmiopizar binocularmente igualando borrosidades en cada línea de agudeza visual. Cuando el sujeto alcanzó la línea de AV=0.3, se presentó el test horario, primero en el ojo derecho, y después en el ojo izquierdo, en ambas ocasiones sin ocluir ningún ojo. Después se siguió con el MPMVA hasta alcanzar AV=0.8, donde se realizó los CCJ, primero en el ojo derecho y después en el izquierdo. Al igual que con el test horario no se ocluyó ningún ojo. Una vez que se ajustó la potencia y el eje de los cilindros para ambos ojos, se siguió con el MPMVA hasta alcanzar máxima agudeza visual, siempre buscando el equilibrio entre ambos ojos.

Cuando se consiguió la máxima agudeza igual para cada ojo, teniendo el mayor equilibrio entre estos se procedió a miopizar ambos ojos +0.75D, se volvió a presentar la línea de AV=0.63, y se le pidió a los participantes del estudio que esta vez leyeran la línea central, la que es percibida por ambos ojos. Y se fue desmiopizando binocularmente, hasta que se alcanzó la máxima agudeza visual que eran capaces de leer.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Comparación objetiva entre las refracciones monocular, biocular y binocular

Como objetivo en este estudio, se va a comprar las refracciones obtenidas tanto de forma monocular, biocular y binocular. Para ello se compararan sus representaciones vectoriales, con M componente esférico, J0 astigmatismo vertical y horizontal y J45 astigmatismo oblicuo.

Se van a realizar tres comparaciones;

- 1º: se compararan los resultados obtenidos en la refracción monocular frente a los obtenidos de la refracción biocular.
- 2º: se compararan los resultados obtenidos en la refracción monocular frente a los obtenidos de la refracción binocular.
- 3º: se compararan los resultados obtenidos en la refracción biocular frente a los obtenidos de la refracción binocular.

La comparación entre M, J0 y J45, se realizará tanto de forma separada para cada componente como de forma conjunta, y esto determinará la magnitud de la diferencia (MOD), mientras que la comparación del módulo de los vectores, nos dará la diferencia vectorial en dioptrías (VDD) [27]. Además se realizará un análisis estadístico en el que se refleje si el cambio entre graduaciones es significativo o no. Para ello se estudiarán primero de forma separada, el grupo de 15 participantes en los que el orden de refracción fue monocular +biocular y luego la binocular frente al otro grupo de 15 participantes en el que el orden fue el contrario, seguido posteriormente del análisis de ambos grupos de forma conjunta. Este análisis se realizará con el programa R Comander, donde se tomarán las variables como una muestra apareada. Para ello se realizará un primer test, el test Shapiro-Wilk, para determinar si la diferencia de los datos apareados sigue una distribución normal. Según el resultado de este primer test se realizará un análisis con un test paramétrico o no paramétrico.

A partir de ahora me referiré al grupo de 15 sujetos a los que primero se le realizó la refracción monocular y después la binocular como **Grupo 1**, al grupo de 15 sujetos a los que primero se les realizó la refracción binocular seguida de la monocular, como **Grupo 2** y por último, el **Grupo 3**, al conjunto del grupo total que contiene a los 30 participantes del estudio.

Comparación subjetiva entre las refracciones obtenidas monocular, biocular y binocularmente

Para realizar la comparación subjetiva entre las tres refracciones, con ayuda del foróptero se fueron presentando una a una las tres opciones, de forma totalmente desconocida para el sujeto. Se le presentaron tantas veces como el sujeto lo requiriese y sin límite de tiempo.

Una vez que ya se hubiera tomado el tiempo necesario se le pedía al paciente que pusiera una nota, valorando de 0 a 5 (no se permitió utilizar números decimales), siendo 0 lo peor y 5 lo mejor,

cada una de las tres refracciones de forma independiente. Puntuando como veía con esa graduación y como de cómodo se sentía con ella.

Con estos resultados se realizará un análisis para comprobar si la diferencia de puntuaciones entre refracciones es significativa o no.

Además de esta puntuación se le pidió a los pacientes que escogieran entre una de las tres refracciones. Basándose en cual le producía mejor sensación visual y comodidad.

Al mismo tiempo se fue tomando nota de las sensaciones que iba refiriendo el paciente que notaba con cada una de las tres mientras se las iba poniendo.

En ningún caso al realizar la elección el paciente sabía cuál estaba escogiendo.

Comparación del tiempo tardado en realizar las diferentes refracciones

Como uno de los objetivos es saber, si al realizar una refracción binocular se tarda menos tiempo que si se realiza una refracción monocular seguido de una biocular, una vez terminado el estudio se realizará una comparación entre el tiempo que se ha empleado en realizar, por un lado la refracción monocular, por otro lado el tiempo empleado en la refracción monocular más la biocular, ya que estas dos siempre se realizan juntas, y por último el tiempo empleado en la refracción binocular. Para ello se realizará un promedio entre los tiempos obtenidos, junto con sus correspondientes desviaciones.

Además como un método de refracción se realizó antes que el otro, y conocer la graduación previa puede intervenir en la decisión final al realizar el segundo método de refracción, se decidió comparar los tiempos que se obtuvieron cuando se refraccionó primero de la forma monocular, y posteriormente la binocular (Grupo 1), frente al grupo que se refraccionó primero de forma binocular, seguido de la monocular (Grupo 2). Ambos grupos contienen el mismo número de participantes, 15 sujetos en cada grupo.

En este caso también se realizará un análisis estadístico para comprobar si la diferencia de tiempo obtenida es significativa.

RESULTADOS

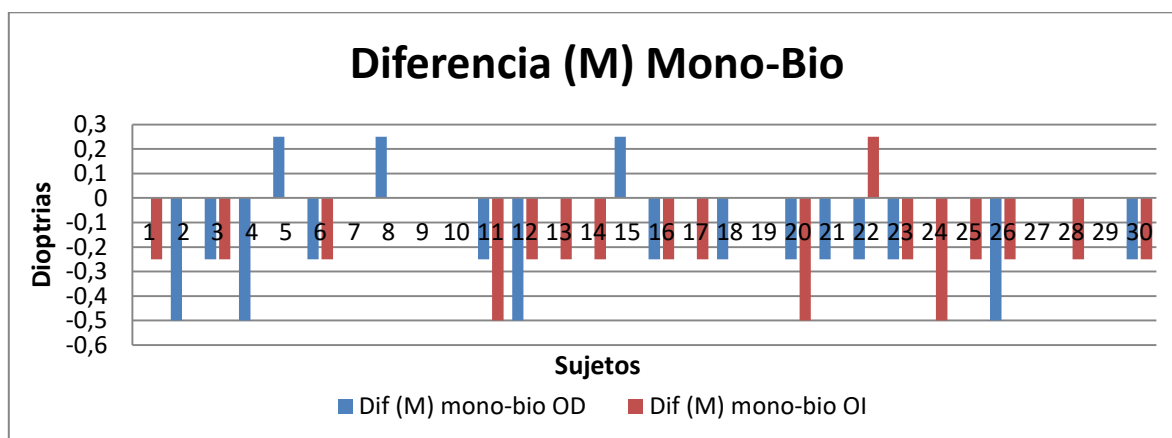
Comparación objetiva entre las refracciones monocular, biocular y binocular

En las siguientes gráficas se va a realizar comparaciones entre las distintas refracciones, el color azul utilizado en las gráficas que comparan las componentes M, J0 y J45, corresponde al ojo derecho y el color rojo al ojo izquierdo. Mientras que las gráficas que comparan la diferencia de los vectores de potencia el color rosa representa a los valores obtenidos para el ojo derecho y el verde para los del ojo izquierdo.

- **Comparación de los resultados obtenidos en la refracción monocular frente a los obtenidos de la refracción biocular.**

De los 60 ojos sometidos al estudio, 26 ojos (43.33%) no mostraron cambio en el valor esférico (M) entre monocular y biocular. Esto se puede observar en la *Gráfica 1*.

Solo en 4 de los ojos, la componente M fue mayor en la refracción monocular que en la binocular, representado un 6.67%. En los 30 ojos restantes se obtuvo un componente M mayor en la refracción biocular que en la monocular. Siendo esta diferencia de 0.25D en el 38.33% de los casos (23 ojos) y de 0.50D en un 11.67%, correspondiente a 7 de los ojos refraccionados.



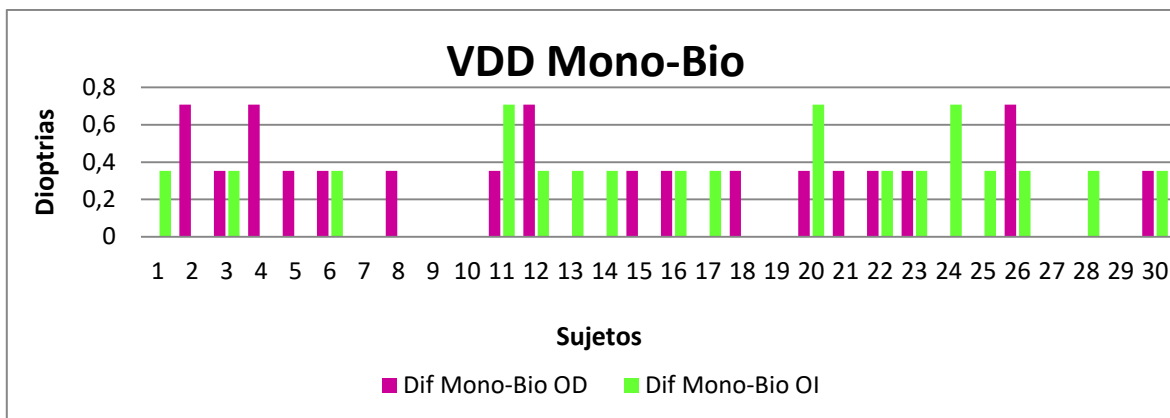
Gráfica 1. Muestra la diferencia de la componente M entre la refracción obtenida de forma monocular y la obtenida de forma biocular.

Estadísticamente se comprueba la hipótesis para ver si existe una diferencia significativa entre ambos valores del vector M.

Al realizar el análisis con el Grupo 1, se obtuvo un valor de p-valor=2.398e-3 (con una fiabilidad de 0.05), cuando la hipótesis alternativa unilateral era diferencia <0. Para el Grupo 2, se obtuvo un valor de p-valor=2.084e-4, cuando la hipótesis alternativa unilateral era diferencia <0. En ambos casos se demuestra que la diferencia es significativa.

Posteriormente al realizar el análisis de la muestra completa (Grupo 3) se obtuvo un valor de p-valor=7.613e-6, con la hipótesis alternativa unilateral (diferencia <0). Con este valor se demuestra

que existe un aumento significativo de la refracción biocular frente a la monocular. Es decir valores más positivos de refracción.



Gráfica 2. Representa la diferencia de los vectores de potencia monocular y biocular.

En el *Gráfico 2* se muestra la diferencia entre los vectores de potencia obtenidos en estas refracciones. Existe una correlación entre esta gráfica y la *Gráfica 1*, ya que la única modificación que se realizó entre estas dos refracciones fue en el valor de la esfera, tanto el eje como la potencia del cilindro se mantuvieron de una a otra. En este caso también se realizó un análisis estadístico, en el que se obtuvo un valor de $p\text{-valor}=7.655e-8$, donde se demuestra que la diferencia entre ambos vectores de potencia es significativa.

- **Comparación de los resultados obtenidos en la refracción monocular frente a los obtenidos de la refracción binocular.**

De los 60 ojos sometidos al estudio, 19 ojos (31.67%) no mostraron cambio en el valor esférico (M) entre monocular y binocular. Esto se puede observar en la *Gráfica 3*. El resto de valores obtenidos de la componente M, están bastante divididos encontrando 18 ojos en los que el valor de M es positivo, siendo un 30% del total, esto implica que en esos ojos se obtuvo un valor de esfera menos positivo en la refracción binocular que en la monocular. Mientras que en 23 de los ojos se obtienen valores negativos de la componente M, representando un 38.33%, siendo por tanto valores más positivos en la refracción binocular que en la monocular.

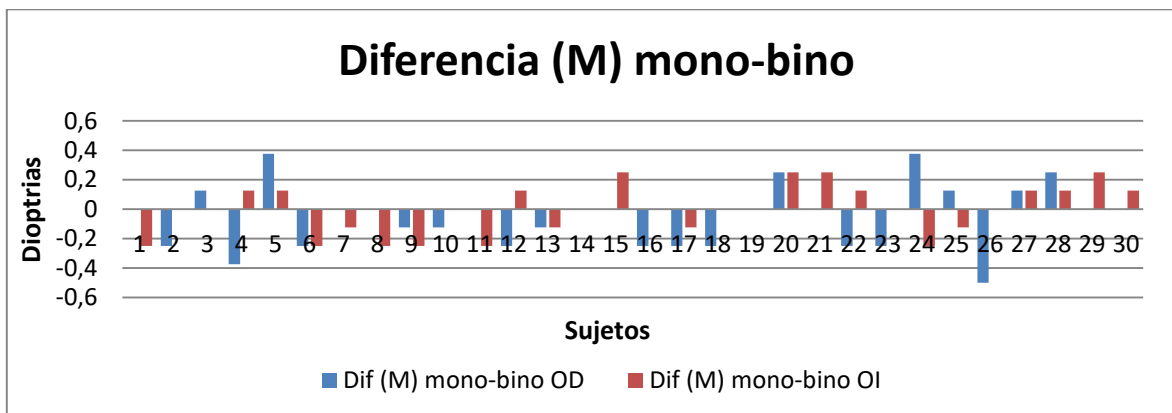
Los valores obtenidos de $p\text{-valor}$ en el análisis estadístico, que comprueban si la diferencia entre las componentes M, para cada uno de los es significativa se muestran en la *Tabla 1*, junto con los valores obtenidos a su vez del análisis estadístico de las componentes cilíndricas J0 y J45.

Valor de p-valor	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Dif M (Rx M-B)	0.01993 ($\neq 0$)	0.5 ($\neq 0$)	0.067 ($\neq 0$)
Dif J0 (Rx M-B)	0.3073 ($\neq 0$)	0.1274 ($\neq 0$)	0.1315 ($\neq 0$)
Dif J45 (Rx M-B)	0.2276 ($\neq 0$)	0.038 ($\neq 0$)	0.2342 ($\neq 0$)

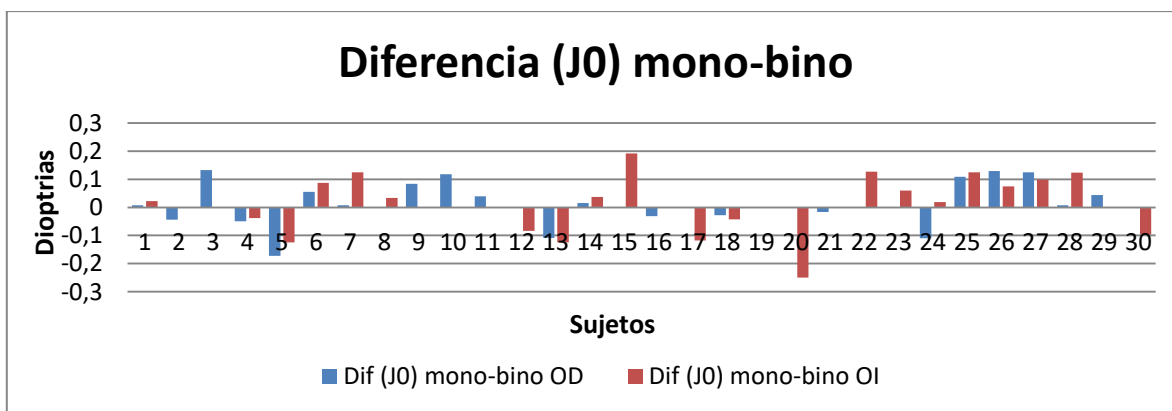
Tabla 1. Valores de $p\text{-valor}$ obtenidos en el análisis estadístico de las diferencias de los vectores M, J0 y J45 entre la refracción monocular y la binocular, para cada uno de los tres grupos estudiados.

Junto el número obtenido se muestra el sentido de la dirección de la hipótesis alternativa unilateral utilizada.

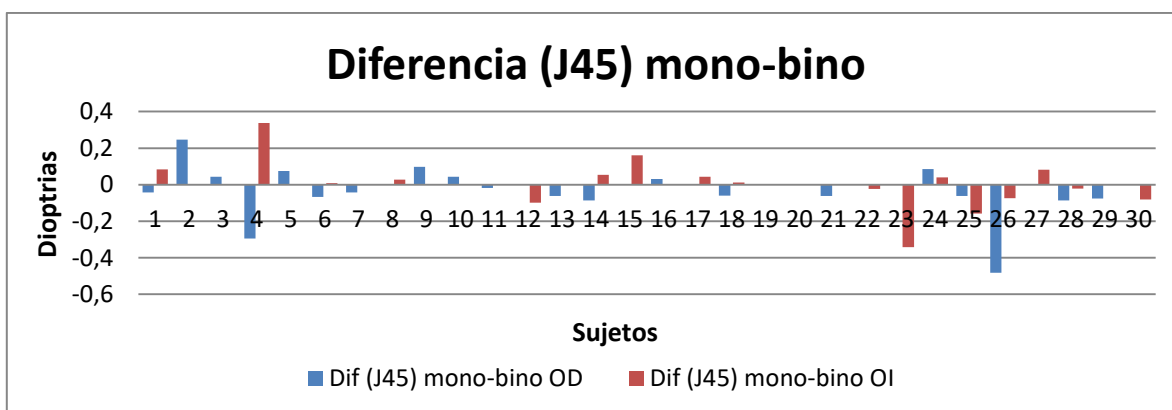
Viendo los resultados se observa que, de las componentes M solo se puede considerar significativa la diferencia de los valores obtenidos en el Grupo 1. En cuanto a la componente J0, en ninguno de los casos se obtuvo que la diferencia encontrada fuera significativa. Mientras, que la diferencia de la componente J45 fue significativa únicamente en el Grupo 2.



Gráfica 3

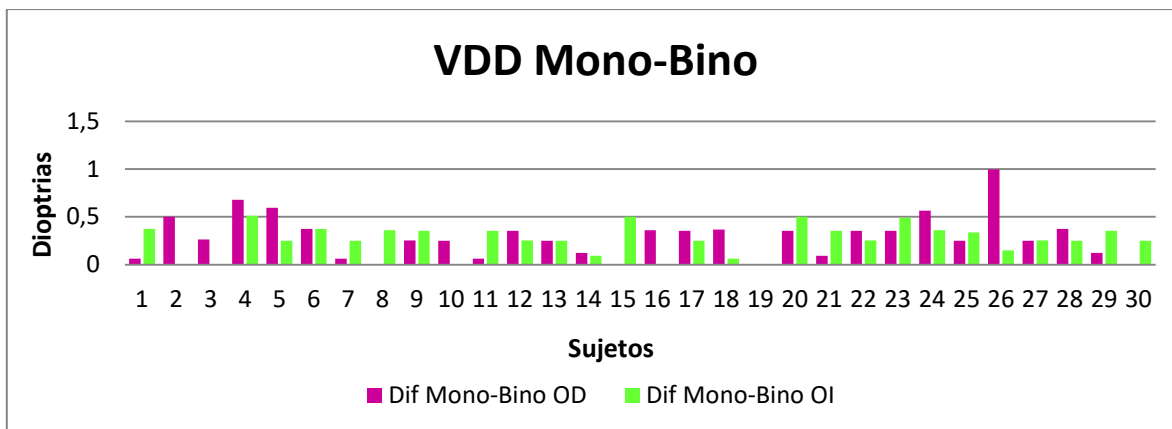


Gráfica 4



Gráfica 5

Gráficas 3, 4 y 5. Muestran la diferencia entre las componentes vectoriales M, J0 y J45 respectivamente, de las refracciones monocular y la binocular.



Gráfica 6. Representa la diferencia de los vectores de potencia monocular y binocular.

En la *Gráfica 6* se muestra la diferencia entre los vectores de potencia obtenidos en las refracciones monocular y binocular. En esta grafica intervienen tanto el vector de la componente esférica como los de las componentes astigmáticas.

El mayor cambio de refracción se ha dado en el ojo derecho del paciente 26, que sí se observa las gráficas anteriores de las componentes M, J0 y J45, vemos que ha sufrido un cambio tanto en el valor de la componente esférica como de las componentes astigmáticas.

Se realizó también un análisis estadístico, en el que se obtuvo un valor de $p\text{-valor}=5.118e-10$, donde se demuestra que la diferencia entre ambos vectores de potencia es significativa.

- **Comparación los resultados obtenidos en la refracción biocular frente a los obtenidos de la refracción binocular.**

En este caso solo se va a comprar la componente M, dado que las diferencian entre las componentes J0 y J45, son las mismas que en el apartado anterior (comparación Rx monocular y binocular), ya que en la refracción biocular, tanto la potencia como el eje del cilindro se mantuvieron sin variación.

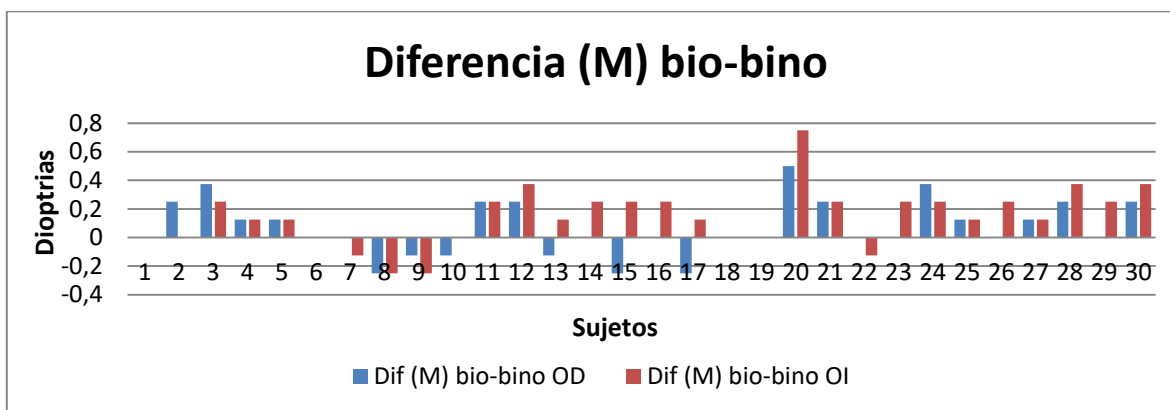
De los 60 ojos, 17 de ellos (28.33%) no mostraron cambio en el valor esférico (M) entre biocular y binocular. Esto se puede observar en la *Gráfica 7*. El resto de valores obtenidos de la componente M, muestran una tendencia a dar valores positivos de M, siendo mayor que cero en 33 de los ojos. Esto supone que un 55.00% de las veces se ha obtenido un valor de esfera mayor en la refracción biocular, que en la binocular.

Por otro lado 10 de los ojos han dado valores negativos de la componente M, por lo que se obtuvo en un 16.67% de las veces un valor de esfera mayor en la Rx binocular, que en la biocular.

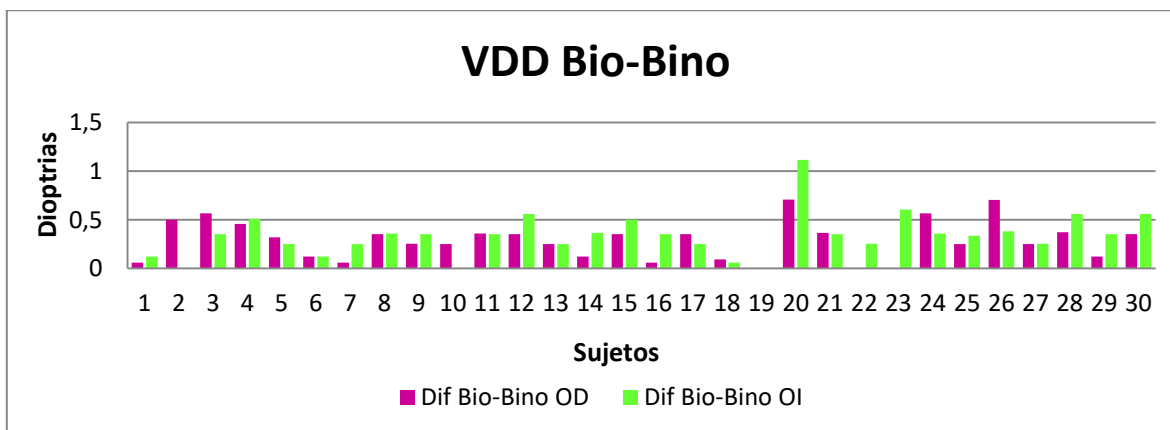
Esta diferencia se comprueba estadísticamente, donde se obtiene un valor para el Grupo 1 de $p\text{-valor}= 0.05959$, para la hipótesis alternativa unilateral (diferencia >0), resultado no significativo

aunque muy próximo. Un valor para el Grupo 2, $p\text{-valor}= 2.434\text{e-}4$, para la hipótesis alternativa unilateral (diferencia >0), por lo que en este grupo la diferencia sí que es significativa.

Por último, al realizar el análisis del Grupo 3, se obtiene un valor de $p\text{-valor}= 1.889\text{e-}4$ (con una fiabilidad de 0.05), para la hipótesis alternativa unilateral (diferencia >0). Esto implica que para la muestra completa de sujetos, se obtienen valores más positivos en la refracción biocular que en la binocular, siendo su diferencia significativa.



Gráfica 7. Muestra la diferencia de la componente M entre la refracción obtenida de forma biocular y la obtenida de forma binocular.



Gráfica 8. Representa la diferencia de los vectores de potencia monocular y biocular.

En la Gráfica 8 se observa la diferencia existente entre los vectores de potencia obtenidos en las refracciones biocular y binocular.

El mayor cambio de refracción se ha dado en el ojo izquierdo del paciente 20, que sí se observa las gráficas anteriores de las componentes M, J0 y J45, vemos que ha sufrido un cambio tanto en la componente M como en la componente J0.

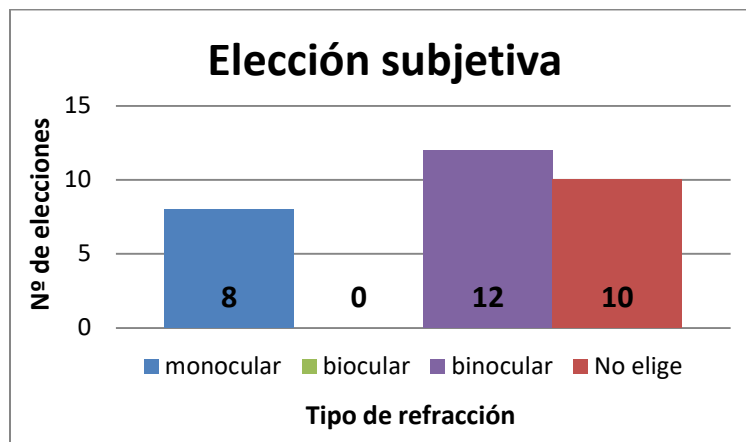
Viendo la gráfica, al igual que ha ocurrido en los casos anteriores, se espera que la diferencia sea significativa. Al realizar el análisis estadístico, se comprueba que sí lo es, se obtiene un valor de $p\text{-valor}=1.612\text{e-}10$ con una fiabilidad de 0.01.

Comparación subjetiva entre las refracciones obtenidas monocular, biocular y binocularmente

En cuanto a las preferencias que mostraron los sujetos se muestran en la *Gráfica 9*. A los sujetos se les dio a elegir entre la refracción monocular, la biocular y binocular. Algunas de las opiniones que mostraron los sujetos a la hora de seleccionar entre las refracciones fueron; que veían con más contraste con la solución elegida, que notaban mayor claridad, etc.

La elección de preferencia por los sujetos fue la refracción binocular elegida por 12 de los 30 participantes. Ninguno de los sujetos mostro preferencia por la refracción biocular.

De los 10 sujetos que no eligieron entre las refracciones, 2 de ellos no eligieron porque se encontraban entre la refracción biocular y la binocular, descartando la opción monocular. Los ocho restantes no mostraron preferencia entre las tres opciones.



Gráfica 9. Muestra el número de sujetos que prefirieron cada tipo de refracción.

Las calificaciones promedio que se obtuvieron de cada refracción fueron; para la refracción monocular: 4.37 ± 0.67 , para la refracción biocular: 4.13 ± 0.68 y para la refracción binocular fue de 4.47 ± 0.57 .

En el análisis estadístico que se realizó para comprobar si las puntuaciones mostraban diferencias significativas entre refracciones se obtuvo:

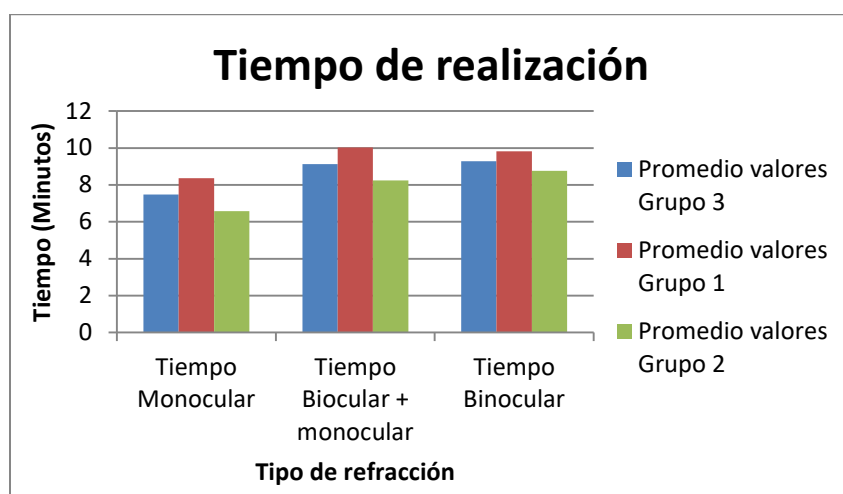
- En la diferencia de puntuaciones entre la refracción monocular y la biocular, se obtuvo un $p\text{-valor}=0.01968$ (diferencia > 0), por lo que la diferencia entre ambas resulto significativa, siendo mayor la puntuación de la refracción monocular.
- Entre la diferencia de puntuaciones de la refracción monocular y la binocular, se obtuvo un $p\text{-valor}=0.2141$ (diferencia < 0). Este valor implica que la diferencia entre ambas no es significativa, pero que es algo superior la puntuación binocular, aunque no muestra evidencias claras.
- Por último, la diferencia entre las puntuaciones de la refracción monocular y la biocular, obtuvo un $p\text{-valor}=2.239e-3$ (diferencia < 0), mostrando que existe una diferencia significativa entre las puntuaciones, siendo mayores en el grupo binocular.

Comparación del tiempo tardado en realizar las diferentes refracciones

En la comparación realizada del tiempo empleado en cada refracción hemos obtenido los datos que se muestran en *Tabla 2*, donde se comprueba que el promedio de tiempo empleado en una refracción binocular en comparación con el promedio obtenido de la refracción biocular + monocular, son similares. Para comprobar si esa diferencia es significativa se realizó un análisis estadístico, los resultados se muestran en la *Tabla 3*.

	Tiempo Rx. Monocular	Tiempo Rx. Bio + Mono	Tiempo Rx. Binocular
Promedio Grupo 1	8,37±1,01	10,02±1,09	9,82±0,94
Promedio Grupo 2	6,57±1,15	8,24±1,34	8,76±1,58
Promedio Grupo 3	7,47±1,26	9,13±1,38	9,29±1,22

Tabla 2. Valores de tiempo promedio junto con la desviación, expresado el tiempo en minutos, que se emplean en realizar cada tipo de refracción, los datos corresponden a: Grupo 1 (color rojo), Grupo 2 (color verde) y Grupo 3 (color azul).



Gráfica 10. Comparación del tiempo tardado en realizar cada refracción, los colores de las columnas se corresponden con los datos de la *Tabla 2*.

P-valor	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Dif Mono+bio→Bino	0.3808 ($\neq 0$)	0.02064 ($\neq 0$)	0.1547 ($\neq 0$)
Dif Mono→Bino	6.226e-3 ($\neq 0$)	3.052e-5 ($\neq 0$)	2.211e-6 ($\neq 0$)

Tabla 3. Valores de p-valor obtenidos en el análisis estadístico de las diferencias entre los tiempos registrados. Primero una comparación de la suma de tiempo mono + bio. frente a bino. y segundo una comparación del tiempo mono. frente bino., para cada uno de los tres grupos estudiados. Junto el número obtenido se muestra el sentido de la dirección de la hipótesis alternativa unilateral utilizada.

Estos datos muestran que existe una diferencia significativa entre el tiempo monocular y el binocular en todos los grupos, sin embargo las diferencias entre el tiempo mono + bio frente al binocular, solo es significativa en el Grupo 2 (Rx bino-mono).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En esta discusión voy a analizar primero los resultados obtenidos y reflejados en el apartado anterior y posteriormente daré mis opiniones acerca de estos.

Primero voy a discutir los resultados de la diferencia de las componentes M y la potencia esférica, después comentaré la variación encontrada entre los cilindros de los 30 sujetos dependiendo de la refracción y de las componentes J0 y J45. Posteriormente hablaré sobre las puntuaciones obtenidas en la valoración subjetiva. Para finalizar expondré mis opiniones acerca de los resultados de tiempo obtenidos.

Al analizar la diferencia entre constantes M entre la refracción **monocular y biocular**, nos encontramos que la diferencia es significativa en los 3 grupos analizados, siendo siempre más positivos los valores de la esfera en la refracción biocular. Que la diferencia sea significativa independientemente del orden en el que se realizaron las refracciones es lógico, ya que la refracción biocular siempre se realiza después de la monocular, partiendo del valor obtenido de esta. La diferencia entre promedios de M entre ambas refracciones es de $-0.14D \pm 0.07D$, por lo que en global se puede afirmar que la magnitud de este efecto es poco importante a nivel clínico.

En cuanto a la comparación de componentes entre la refracción **monocular y la binocular**, no se han encontrado diferencias tan claras como la comparación anterior. Solo resultó significativa la diferencia encontrada en el Grupo 1, donde se realizó primero la refracción monocular. En este caso la diferencia entre promedios de M entre ambas refracciones es de $-0.03D \pm 0.01D$, siendo todavía menor que la diferencia entre la Rx. monocular y biocular.

Entre la refracción **biocular y binocular**, se obtuvo que la diferencia fue significativa en los Grupos 2 y 3, mientras que en el Grupo 1, obtuvo un valor próximo al considerado significativo ($p < 0,05$), pero al ser superior no se puede considerar como tal, sobre todo porque la diferencia entre el grupo 1 y el 2 es muy clara, habiendo obtenido un $p\text{-valor} = 0.05959$ y $p\text{-valor} = 2.434e-4$, respectivamente.

Esto implica que en la refracción biocular obtuvo resultados más positivos de esfera, sobre todo cuando se realizó primero la refracción binocular.

Este último dato aportado junto con el valor obtenido de la diferencia entre componentes M entre la refracción monocular y la binocular, para el Grupo 1, demuestran que en ambos casos se obtiene un valor más positivo del componente esférico en la segunda refracción realizada para un mismo sujeto. Esto podría implicar que en las segundas refracciones es posible obtener resultados más positivos.

Esto se puede deber a que los resultados podrían haberse visto influenciados por la forma en la que se realizó el estudio, ya que se procedió a realizar una refracción inmediatamente después de la otra, para un mismo sujeto. Esto permitía conocer el resultado de la primera refracción, lo que podría condicionar el resultado de la segunda.

La diferencia entre promedios de M entre la refracción biocular y binocular es de $0.11 \pm 0.05D$. De nuevo esta diferencia es pequeña, siendo más similar a la obtenida entre la refracción monocular y biocular.

Por otro lado, que se obtuvieran resultados más positivos en la refracción biocular que en la binocular, no coincide con la hipótesis planteada para este estudio. Resultados similares se encontraron en un estudio que se realizó en 2016 [28].

En cuanto a las diferencias en las componentes cilíndricas, entre la refracción monocular (biocular) y la binocular solo fue significativa en la componente J45 del Grupo 2. Esto puede hacer pensar que no existe una gran diferencia en los valores del astigmatismo, por lo que creo interesante comparar los resultados de potencia y eje de cada sujeto por separado.

De los 60 ojos refraccionados, para 3 de ellos (siendo de diferentes sujetos), se obtuvo componente cilíndrica únicamente en la refracción monocular, obteniendo potencia cilíndrica de 0.00D en la binocular. Por el contrario en 4 ojos, pertenecientes a 3 sujetos, se encontró compensación cilíndrica únicamente de la forma binocular. Estos 6 sujetos cuando tuvieron que realizar la elección de una de las refracciones (comparación subjetiva), 4 de ellos no escogieron entre las refracciones, por lo que el presentar o no cilindro en la refracción no les proporcionaba una mejora visual. Y en los otros dos casos sí que prefirieron la opción que tenía esa corrección cilíndrica.

Respecto al eje del cilindro, nos encontramos que también ha sufrido modificaciones, 4 de los sujetos manifestaron una exciclovergencia cuando pasaron de visión monocular a visión binocular. Mientras que otros 2 sujetos sufrieron una inciclovergencia al cambiar de condición monocular a binocular. De estos 6 sujetos, 3 prefirieron la opción binocular, dos de ellos la refracción monocular y solo uno no mostró preferencia.

Por otra parte uno de los sujetos del estudio mostro una levocicloversión, ya que los ejes de ambos ojos rotaron hacia la izquierda. Este movimiento puede deberse a que el sujeto realizara un leve giro de cabeza.

Este tipo de movimientos también se encontraron en el estudio anteriormente mencionado [28], donde se encontraron de los 19 sujetos refraccionados, que 4 realizaron exciclovergencia, un sujeto mostró una inciclovergencia y otro sujeto realizó una ciclovergencia junto con un giro de cabeza.

Por otro lado, las puntuaciones obtenidas demuestran que todos los métodos de refracción son buenos, y que las refracciones obtenidas se aceptan bien por los pacientes. La mayor diferencia entre puntuaciones se consigue entre la refracción biocular y la binocular, siendo esta significativa y obteniendo una mayor puntuación en la binocular. La diferencia de puntuaciones entre monocular y biocular también fue significativa siendo mayor la puntuación monocular. Mientras que la diferencia entre las puntuaciones monocular y binocular, no resulto significativa aunque si mostraba que era algo superior la puntuación binocular. Por lo que se puede decir que, los pacientes prefirieron la refracción obtenida binocularmente como la mejor compensación de su ametropía.

Por último, al analizar los tiempos obtenidos en cada refracción, podemos ver que en los 3 grupos se ha obtenido menor tiempo en la refracción monocular que en la binocular. Sin embargo al comparar los tiempos de la refracción monocular +biocular frente a la binocular, se han obtenido resultados diferentes. En el Grupo 2, se comprobó que era el único en el que la diferencia era significativa, siendo menor el tiempo empleado en la Rx mono +bio. En el Grupo 1 la diferencia no fue significativa pero se observó que el tiempo era menor en la Rx binocular. En ambos casos se ha obtenido menor tiempo en las segundas refracciones realizadas en cada sujeto.

Comprobando esto, de forma subjetiva, puedo decir que obtener un menor tiempo siendo la diferencia significativa en la refracción monocular +biocular, se deba a que, yo como examinadora tengo más experiencia realizando este tipo de refracción que realizando la binocular, y esto se demuestra en la fluidez a la hora de realizar la prueba.

En cuanto al tiempo también hay que comentar, que al tener programados en el foróptero los procesos de ambas refracciones, reducía el tiempo de realización de ambas pruebas.

Por estos motivos creo que es difícil reproducir los valores de tiempo obtenidos si no se mantienen las mismas condiciones que las realizadas en este estudio, ya que es una variable que depende tanto del examinador que realice la prueba, como ya había comentado anteriormente, como de la experiencia que este tenga en realizar ambas técnicas y del tipo de foróptero utilizado, ya que el empleo de uno manual es probable que aumente el tiempo de la prueba.

Por último voy a comentar algunos hallazgos que encontré mientras realizaba las refracciones.

- Encontré un caso en el que al realizarle la refracción biocular, al momento de disociar con el prisma, no solo veía dos líneas una encima de otra, sino que una se encontraba desplazada y realizaba cierto movimiento. Esto mismo le ocurrió al realizarle la Rx binocular, cuando se pusieron las líneas polarizadas de $AV=0.063$, donde únicamente hay dos líneas, debido al tamaño de las letras. Este desplazamiento con movimiento, de una fila de letras, desapareció en el momento en que se presentó una AV menor donde ya existían las 3 líneas de letras y la línea central funcionaba como anclaje fusional.
- Otro hallazgo fue que en 4 de los sujetos, durante la refracción binocular no mostraron ningún signo de supresión, hasta que se alcanzó la $AV=1$. En este punto los 4 pacientes mostraron una supresión de uno de los ojos refiriendo que solo veían dos de las tres líneas. En los cuatro casos se pudo solucionar esa supresión, en tres de ellos añadiendo $+0.25D$ en el ojo que no suprimían. Y en el último caso, reduciendo $0.25D$ de cilindro del ojo no supresor. Es decir que se decidió penalizar el ojo con mejor visión, para evitar la supresión que se producía al mostrar las letras de agudeza visual más pequeñas.

En estos últimos casos podemos afirmar que se tiene un mejor control de la visión binocular cuando se realiza una refracción binocular, que cuando se realiza una monocular junto con la biocular. Ya que cuando realizamos esta última en estos sujetos no podemos comprobar que no estuvieran suprimiendo uno de los ojos al llegar a las $AV=1$ o superiores.

Como conclusiones generales del trabajo:

- Con la refracción biocular se han obtenido valores de esfera más positivos, que con el resto de refracciones, siendo la diferencia entre estas significativa.
- El método experimental ha influido en la obtención de resultados, ya que existe un efecto arrastre al realizar las refracciones sobre la componente M y sobre el tiempo empleado en cada refracción.
- En general con las tres refracciones se consiguen resultados satisfactorios para el paciente. Existiendo una ligera preferencia por la refracción binocular.
- Respecto al tiempo empleado, la refracción monocular es la que ha obtenido menos tiempo independientemente del orden de realización de las refracciones, siendo esta diferencia significativa.

Como aspectos a mejorar, para posteriores estudios, propondría:

- Realizar las diferentes refracciones para un mismo sujeto, a la misma hora del día pero en días diferentes.
- Separar a los pacientes en varios grupos y que sean refraccionados por distintos profesionales.
- Seleccionar un grupo que presente las características, con las cuales se supone que se ven beneficiados al realizar una refracción binocular.
- Utilizar otro tipo de foróptero, el cual su uso este más extendido.

ANEXO I. BIBLIOGRAFIA

- [1] Prabakaran, S.; Dirani, M.; Chia, A.; Gazzard, G.; Fan, Q.; Leo, S.W.; Ling, Y.; AuEong, K.G.; Wong, T.Y.; Saw, S.M. Cycloplegic refraction in preschool children: comparisons between the hand-held autorefractor, table-mounted autorefractor and retinoscopy. *Ophthal. Physiol. Opt.*, 2009, vol. 29, p. 422-26.
- [2] Erdurmus, M.; Yagci, R.; Karadag, R.; Durmus, M. Acomparision of photorefraction and retinoscopy in children. *J. A.A.P.O.S.*, 2007, vol. 11, núm. 6, p. 606-11.
- [3] Betancourt, Carolina; Delatorre B., Alejandro; Piñeros, Óscar. Precisión de la refracción objetiva por wavefront comparada con la refracción subjetiva tomada como prueba de oro. *Investigaciones Andina*, vol. 11, núm. 19, septiembre, 2009, pp. 66-80
- [4] Martín, Raúl y Vecilla, Gerardo. "Refracción subjetiva". En: Raúl Martín y Gerardo Vecilla. *Manual de optometría*. Madrid: EDITORIAL MÉDICA PANAMERICANA, 2011, p. 255– 297.
- [5] León, A., Estrada J., Giraldo J. M., Giraldo L. A. Concordancia entre dos técnicas subjetivas para determinar la refracción en adultos jóvenes. *ciencia. tecnol. salud. vis. ocul.* / vol. 9, no. 2 / julio-diciembre del 2011 / pp. 23-34 / issn: 1692-8415
- [6] Benjamin W, Borish I. 1998. *Borish's clinical refraction* (1st ed.). Philadelphia: W.B. Saunders.
- [7] Humphriss D. 1962. Binocular vision technique. The psychological septum. *Optical Journal-review*.
- [8] Morgan MW. 1949. The Turville Infinity Binocular balance test. *Clinical and Experimental Optometry* 32(8):367-380.
- [9] Wilmut EB. 1951. Infinity balance and near balance by polarization. *Optician* 122(3148):37-43.
- [10] Cowen L. 1955. Binocular refraction, a simplified clinical routine. *Br J Physiol Opt* 16:60-82.
- [11] Grolman BE. 1966. Binocular refraction-A new system. *N Engl J Optom* 17: 118-130.
- [12] Ramirez L.J. 2010. Ley de Brewster. Departamento de óptica física aplicada. Universidad de la Salle. 2 de septiembre de 2010. [Consulta: 18-06-2019]. Disponible en: <http://opticafisicaaplicadaleydebrewster.blogspot.com/2010/09/ley-de-brewster.html>
- [13] HyperPhysics, C.R. Nave. Georgia State University. 2017. El material Polaroid. [Consulta: 18-06-2019]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/phyopt/polabs.html#c3>
- [14] Riobó, Lucas Matías. 2013. Determinación experimental del estado de polarización de luz monocromática utilizando láminas retardadoras de cuarto de onda. Universidad de Buenos Aires. [Consulta: 18-06-2019]. Disponible en: http://laboratorios.fi.uba.ar/II/archivos/tpfinal/TPfinal_LucasRiobo.pdf

- [15] Y. Yoshihara, H. Ujike, and T. Tanabe, "3D Crosstalk of Stereoscopic (3D) Display using Patterned Retard and Corresponding Glasses," Proc. of the 15th International Display Workshop (Society for Information Display, Niigata, Japan), 1135–1138 (2008). http://videoprocessing.ucsd.edu/~mezeng/research/MZ-AR-TN_TIP2015.pdf
- [16] Hirani, Komal J., Firth, Alison Y. Convergence accommodation to convergence (CA/C) ratio: stability with different levels of convergence demand. Academic Unit of Ophthalmology and Orthoptics, University of Sheffield, Sheffield. Br Ir Orthopt J 2009; 6: 60–64
- [17] Morgan MW. 1949. The Turville Infinity binocular balance test. Am J Optom Arch Am Acad Optom 26:231-239.
- [18] Eskridge JB. 1971. Rationale for binocular refraction. N Engl J Optom 22:160-166
- [19] Álvarez JL, Tàpias M. Aniseiconía. [Consulta: 18-06-2019]. Disponible en: <https://ocw.upc.edu/sites/all/modules/ocw/estadistiques/download.php?file=37015/2010/1/52899/35173-4331.pdf>
- [20] Alcaraz R. 2017. Pacientes con nistagmo: características, causas, evaluación y tratamiento. Saera. [Consulta: 18-06-2019]. Disponible en: <https://www.saera.eu/pacientes-con-nistagmo/>
- [21] Amos JF. 1990. Binocular refraction: When is it clinically advantageous? Clin Eye Vis Care 2:79-81.
- [22] Norman SL. 1950. Binocular subjective refraction with the Polaroid occluder. Optom Weekly 41 :1657-1660
- [23] Norman SL. 1953. Plus acceptance in binocular refraction. Optom Weekly 44:45-46.
- [24] Sugar HS. Binocular refraction with cross cylinder technic. Arch Ophthalmol. 1944. (31) p 34-42. ISSN/ISBN: 0093-0326
- [25] Copeland JC. 1942. Locating the astigmatic axes under binocular fixation. Ten Years of Optical Developments. Chicago: Riggs Optical Company.
- [26] OptoTab Office Polar. (2016). Smarthings4vision.com. 27 October 2016, [Consulta: 18-06-2019] Disponible en: <http://www.smarthings4vision.com>
- [27] Miller, Joseph M. 2009. Clinical applications of power vectors. Optometry and vision science. Vol. 86, No. 6, june 2009. 1040-5488/09/8606-0599/0
- [28] Angulo Yagüe, S. 2015-2016. Evaluación de un nuevo instrumento para la medida de la refracción binocular subjetiva. Facultad de ciencias, Universidad de Zaragoza.

ANEXO II. PROTOCOLOS DE REFRACCIÓN

Para una mayor comprensión de los procedimientos seguidos en la refracción monocular (*Figura 1*) y la refracción binocular (*Figura 2*), se expresan a continuación en forma de esquema:

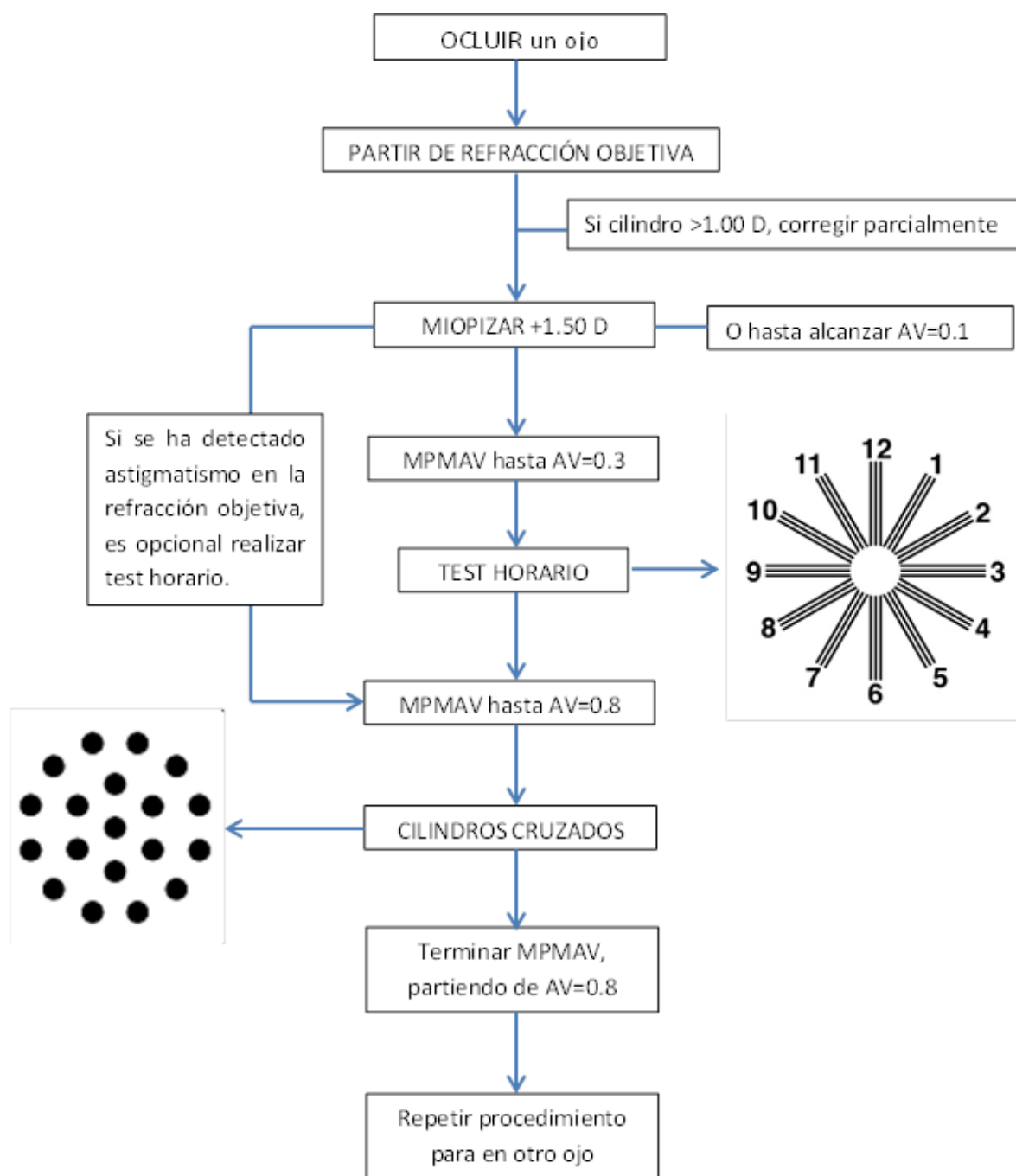


Figura 1. Procedimiento a seguir en una refracción subjetiva monocular. (Elaboración propia)

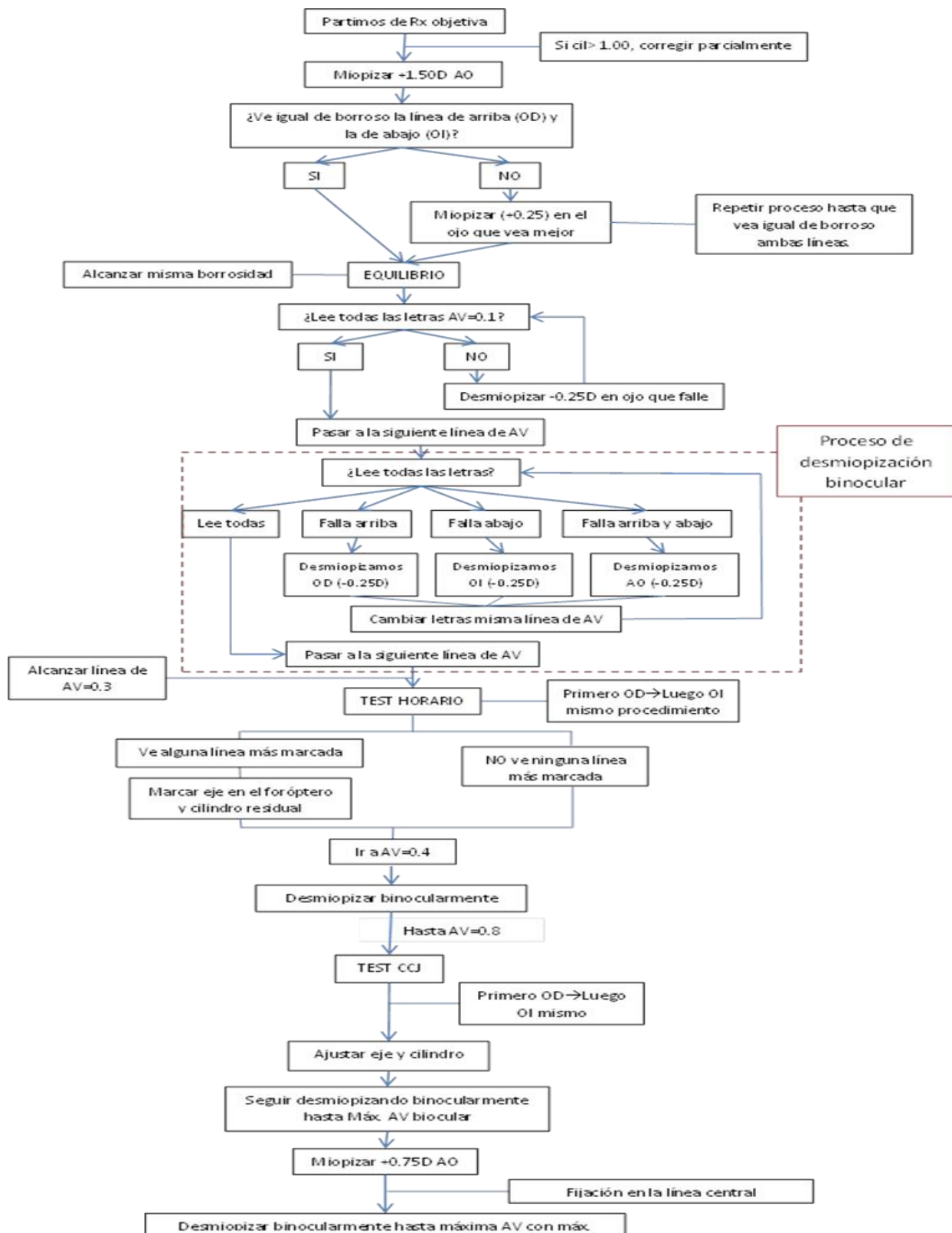


Figura 2. Procedimiento seguido en el estudio de refracción subjetiva binocular. (Elaboración propia)